

設計図面のデジタルデータ化支援による設計品質向上手法の研究

著者	笠原 孝保
号	55
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	工博第4499号
URL	http://hdl.handle.net/10097/61861

氏 名 かさはら たかやす
授 与 学 位 笠 原 孝 保 博士 (工学)
学位授与年月日 平成23年3月25日
学位授与の根拠法規 学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称 東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 技術社会システム専攻
学 位 論 文 題 目 設計図面のデジタルデータ化支援による設計品質向上手法の研究
指 導 教 員 東北大学教授 若林 利男
論 文 審 査 委 員 主査 東北大学教授 若林 利男 東北大学教授 斎藤 浩海
東北大学教授 北村 正晴 東北大学准教授 高橋 信
(未来科学技術共同研究センター)

論文内容要旨

設計の再利用性を高めることによって、設計品質の向上を図るため、精度の高いエンジニアリング図面認識手法およびその評価方法を検討し、以下の手法を提案した。

(1) エンジニアリング図面を記号、文字、関係線の3要素と、それら、相互の関係からなる情報をもったモデルとして定義した。

(2) 上記モデルに基づいて、以下の認識方法・システムを開発した。

(a) ラスタ図面：

(i) 配管計装線図を自動認識する以下の特徴をもった手法を開発した。

- ・機器IDなどの固有の知識の活用
- ・記号の大きさによって素対片照合法、および部分テンプレートマッチングを併用

(ii) 水道図面を自動認識する以下の特徴をもった手法を開発した。

- ・モルフロジーによる文字と他の線との分離

(b) ベクタ図面

(i) 配管計装線図を自動認識しタイムチャート作成を支援する以下の特徴をもったシステムを開発した。

- ・認識領域の重なりをトリガーとして局所的な依存グラフを生成し競合を解消し認識の整合性
- ・確信度をもとに依存グラフを再構成する繰り返し処理を実行
- ・これにより記号の認識については99%以上の認識精度を実現

(3) 認識システムでは、初期のサンプル図面での評価だけでは、十分、精度が高いか確証がもたない場合が多い。

この対策として、記号を認識する機能を用いて記号の位置、形状を確率的にデフォルメして評価する手法を提案した。

これらの手法によって、設計の再利用性を高め、設計品質の向上をはかることができる。

本研究は、過去の設計情報を図面から正確に復元し、知識として活用することに寄与するものである。特に、ライフサイクルが長く、ライフサイクル中のメインテナンスや改良が必要となる発電プラントや水道設備、道路などの社会インフラのエンジニアリングの信頼性にとって有効な技術と考える。このことは、設計図面中に図形と文字線で書かれた情報には、設計当初に意識していなかった情報が多く潜在しているため、近年の計算機技術、CADによる設計支援技術の急速な進展の中でも変わることがないと考ええる。

第1章では、研究の背景と目的について述べた。

第2章では、エンジニアリング図面の形式と意味の両面から分析し、主に意味論的な分析から(1)文字、(2)記号、(3)関係線、の3つの構成要素からなる図面として定義した。また、エンジニアリング図面を自動認識する際の効果を、図面そのものの視認性と解釈の一意性、および認識結果に要求される正確性から論じ、要求される精度が非常に高い場合には、人手で認識ことに比較して、全く効果があがらない場合があることを示した。

第3章では、エンジニアリング図面の形式の一つであるラスタ図面の認識システムの例を示し、記号の認識については、素片対照合法と局所的な形状の組み合わせを用いる方法を、線の認識については統合MR F法による処理方法の有効性を示した。また、雑音が多く、文字と線との重なりのおおきな水道図面や機械図面では、モルフォロジーフィルタを用いて水道配管線と記号、文字とを分離する手法の有効性を示した。しかしながら、これらの個別の方法の組み合わせには限界があり、図面認識結果をもとに機器のDBを作成して、設計の検証や解析を行うような、高い信頼性が要求され、省力化の効果を上げるためには95%以上の認識精度が要求される用途に用いるには、十分に有効でないことを示した。

第4章では、エンジニアリング図面のもう一つの形式あるベクタ図面について、代表的なベクタ図面の表現形式であるDXF形式にもとづいて、文字、記号、関係線の認識について、それぞれの工夫をしながら、順次、処理する方法について、その限界を論じた。

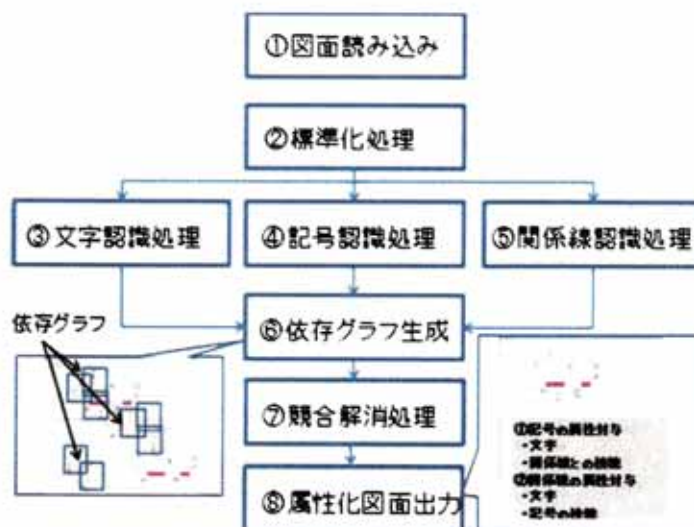


図1 ATMSに基づく認識処理方式

第5章では、第3章、第4章の結果をもとに、図面の局所的な部分での認識の競合を処理するATMSに基づいた、図1に示す方法を提案し、認識精度の向上への有効性を示した。また、認識処理の計算量を理論的に評価し、局所的に競合を限ることで、大幅に処理時間を削減できることを示した。

第6章では、図面認識システムの評価方法について論じた。図面に限らず、音声などでも認識手法を評価する方法としてはレファレンスデータを用意して評価するのが通常である。問題は、レファレンス図面を十分に準備してあらかじめ評価するのは実際には困難な場合が多いことである。ここでは、レファレンス図面に対するシス

論文審査結果の要旨

発電プラントや化学プラントの設計にあたっては、数多くの図面が書かれる。エンジニアリング図面は、システムの構成、機器・配管の配置、機器、設備の物理的・論理的接続関係などを主に線と文字によって表現したものである。これらの設計知識は、計算機内部での表現形式の違いや、人手による読み取りの煩雑さのために、十分に活用されてこなかった。本論文は、さまざまな図面に対するデジタルデータ化の支援技術研究の経緯を踏まえ、共通の課題として図面を全体的に整合的に処理することであることを明示し、有効な手法を提案したものである。本論文は、その成果をまとめたものであり、全文9章より構成される。

第1章では、序論であり研究の背景と目的について述べた。

第2章では、エンジニアリング図面の形式と意味の両面から分析し、主に意味論的な分析から(1)文字、(2)記号、(3)関係線、の3つの構成要素からなる図面として定義した。

第3章では、エンジニアリング図面の形式の一つであるラスタ図面の認識システムの例を示し、従来手法の改良による精度向上結果を示した。記号の認識については、素片対照合法と局所的な形状の組み合わせを用いる方法を、線の認識については統合MRF (Markov Random Field Model)法による方法を、さらに、文字と線との重なりのある大きな水道図面や機械図面では、モルフォロジーフィルタを用いて文字とを分離する手法を工夫し有効性を示した。しかし、これら個別の方法の組み合わせには限界があることを示した。

第4章では、エンジニアリング図面のもう一つの形式あるベクタ図面について、代表的なベクタ図面の表現形式であるDXF形式にもとづいて、文字、記号、関係線の認識について、それぞれの工夫をしながら、順次、処理する方法について、その限界を論じた。

第5章では、第3章、第4章の結果をもとに、図面の局所的な部分での認識の競合を処理するATMS (Assumption Based Truth Maintenance System)に基づいた方法を提案し、認識精度の向上への有効性を示した。また、認識処理の計算量を理論的に評価し、局所的に競合を限ることで、大幅に処理時間を削減できることを示した。

第6章では、図面認識システムの評価方法について論じた。特に、認識手法のロバスト性を評価するためレファレンス図面に対する認識結果をもとにランダムに認識された図形、文字の位置をずらすことによって、認識手法のロバスト性を評価する方法を提案した。

第7章では、高い認識精度を要求される認識システムの1例として、配管計装線図を自動認識して、配管計装線図中のバルブパターンを自動生成するシステムを示した。第5章で提案した認識手法により、このためのDBを配管計装線図から自動認識して作成することができた。

第8章では、第1章から第7章までの研究結果を実際の認識システムの構築に役立てるための手順についてまとめた。

第9章は、結論であり、第1章から第8章までの結論をまとめた。

以上要するに本論文は、高精度の図面認識システムを開発したものであり、特に、ライフサイクルが長く、ライフサイクル中のメンテナンスや改良が必要となる発電プラントや水道設備、道路などの社会インフラのエンジニアリングの信頼性向上にとって有効な技術であり、今後、情報処理分野や計算機科学分野の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。